

DAMPAK PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PADA SISTEM HIDROLOGI DI JAKARTA

(The Effect of Land Cover Change to Hydrological System in Jakarta)

Fentinur Evida Septriana, Noviana Bayu Alnavis, Rani Gustia, Rivaldo Restu Wirawan, Nadya Paramitha Putri, Hayati Sari Hasibuan, dan Rudy P. Tambunan

Ilmu Lingkungan, Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

Jl. Salemba Raya 4, Kampus UI Salemba, Kec. Senen, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia 10430

E-mail: fenti_ana@yahoo.com

Diterima: 6 Maret 2020; Direvisi: 30 Maret 2020; Disetujui untuk Dipublikasikan: 30 April 2020

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi yang tinggi di Jakarta diiringi dengan penambahan jumlah penduduk dan pembangunan infrastruktur yang semakin padat. Tingginya tingkat pembangunan infrastruktur di Jakarta menyebabkan semakin berkurangnya tutupan vegetasi dan terganggunya fungsi alami ekosistem yang semula ada di Jakarta, seperti fungsi sistem hidrologi. Pembangunan fisik dan infrastruktur di daerah perkotaan seharusnya diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang seimbang sehingga dampak negatif yang timbul dapat diminimalkan. Salah satu bentuk pengelolaan lingkungan dapat dilakukan dengan pengaturan dan pemanfaatan ruang yang optimal sehingga fungsi ekosistem tetap terjaga. Studi ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana hubungan perubahan tutupan lahan terhadap sistem hidrologi yang dilihat dari persediaan air dan fenomena banjir di Jakarta, serta menyiapkan rekomendasi untuk perencanaan ruang berbasis sistem hidrologi. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan bantuan Sistem Informasi Geografis, berdasarkan data sekunder dan studi literatur. Berdasarkan pengolahan citra Landsat tahun 1999-2019, tutupan lahan bervegetasi di Jakarta mengalami penurunan dari 35,5% menjadi 6,4%, sementara luas lahan terbangun terus mengalami peningkatan dari 65,5% menjadi 93,6%. Kepadatan bangunan di Jakarta menyebabkan peningkatan luas permukaan tanah yang bersifat *impervious* sehingga terjadi peningkatan laju aliran air permukaan dan penurunan laju aliran dasar di bawah tanah yang memicu terjadinya banjir.

Kata kunci: tutupan lahan, hidrologi, banjir, landsat, persediaan air

ABSTRACT

High economic growth in Jakarta was followed by an increase number of population which had an impact on massive infrastructure development. The high level of infrastructure development in Jakarta has led to reduction in vegetation cover and disruption of the natural function of ecosystems in Jakarta, one of it is the hydrological system. Development of the built-up area and infrastructure in urban areas should be carried out with the regulation and spatial planning of space so the negative impact can be minimized. This study aims to discuss the relationship among land cover changes, water supply, and flooding in Jakarta to provide recommendations for spatial planning based on hydrological system. The analysis was carried out quantitatively using Geographic Information Systems, based on secondary data and literature studies. Changes in land cover in 1999 to 2019 were detected by Landsat Imagery showed that vegetation cover in DKI Jakarta has decreased, while the built-up area has continued to increase. In 1999, land cover in DKI Jakarta consisted of 65.5% built-up area and 35.5% vegetation cover, while in 2019 the composition changed drastically to 93.6% built-up area and 6.4% vegetation cover. The impervious surface as the effect of the built-up area has caused an increase in rate of surface water flow and runoff, decrease in rate of base flow, and caused flooding.

Keywords: land cover, hydrology, flooding, landsat, water supply

PENDAHULUAN

Sistem hidrologi merupakan rangkaian elemen jenis tanah, tataguna lahan, topografi dan panjang lereng yang saling berkaitan antara satu komponen dengan komponen lainnya sehingga membentuk satu kesatuan yang saling mempengaruhi keseimbangan tata air (Nurrochman et al., 2018). Terjadinya perubahan perilaku dan fungsi air permukaan menyebabkan perubahan siklus hidrologi, yaitu menurunnya

aliran dasar (*base flow*) dan meningkatnya aliran permukaan (*surface runoff*). Hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan tata air (hidrologi) sehingga terjadi banjir dan genangan di daerah hilir (Nurrochman et al., 2018). Di dalam lingkungan alam, proses perubahan ujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi (Kodoatie & Sjarief, 2010). Menurut Suyanto (2017) di dalam siklus hidrologi sering

terjadi dua keadaan yang ekstrim yaitu kekeringan dan banjir, sehingga diperlukan pemahaman tentang pengelolaan air agar dapat disimpan dengan baik di dalam maupun di permukaan tanah dan bagaimana siklus air bekerja secara ilmiah.

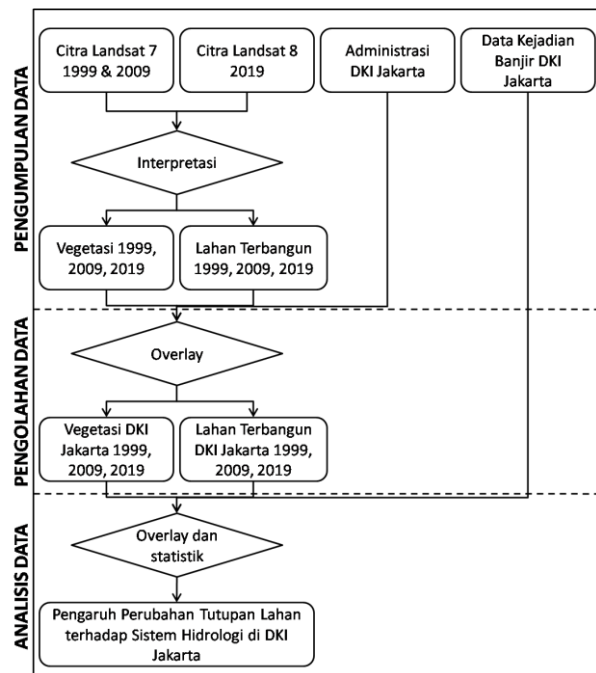
Faktor-faktor ekonomi, sosial, dan budaya mempengaruhi pemanfaatan tanah dan air. Kebutuhan faktor ekonomi menjadi pertimbangan yang paling kuat dalam penentuan cara penggunaan lahan. Faktor ekonomi biasanya mengalahkannya pertimbangan konservasi yang dianggap kurang mendesak dan kurang perlu. Faktor sosial yang dianut berpengaruh atas pilihan pemanfaatan lahan yang dilakukan (Suyanto, 2017). Pertumbuhan ekonomi yang tinggi di Jakarta diiringi dengan pertambahan jumlah penduduk dan pembangunan infrastruktur yang semakin padat. Tingginya kegiatan pembangunan infrastruktur dan kawasan permukiman di Jakarta menyebabkan semakin berkurangnya tutupan vegetasi dan terganggunya fungsi alami ekosistem yang semula ada di Jakarta, seperti fungsi sistem hidrologi. Pembangunan di Jakarta yang sangat cepat menimbulkan beban tersendiri bagi lingkungan. Jumlah penduduk yang padat memerlukan air bersih dalam jumlah besar. Pada waktu yang bersamaan, air permukaan di Jakarta tercemar oleh limbah dari kegiatan rumah tangga dan kegiatan industri yang dibuang langsung ke sungai. Selain tidak aman untuk kebutuhan sehari-hari, air sungai yang tercemar mematikan biota perairan sehingga ekosistem perairan di Jakarta tidak lagi seimbang.

Pembangunan fisik dan infrastruktur di daerah perkotaan seharusnya diimbangi dengan pengelolaan lingkungan yang seimbang sehingga dampak negatif yang timbul dapat diminimalkan. Salah satu bentuk pengelolaan lingkungan dapat dilakukan dengan pengaturan dan pemanfaatan ruang yang optimal sehingga fungsi ekosistem tetap terjaga. Studi ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hubungan perubahan tutupan lahan terhadap sistem hidrologi di Jakarta (terutama dilihat dari fenomena banjir dan persediaan air) serta menyiapkan rekomendasi untuk perencanaan ruang berbasis sistem hidrologi.

METODE

Studi ini dilaksanakan dengan menganalisis hasil *overlay* peta tutupan lahan terkini (tahun 2019) dengan peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) DKI Jakarta 2030, serta perbandingan peta tutupan lahan tahun 1999, 2009 dan 2019 hasil olah citra. Peta tutupan lahan eksisting diperoleh dari Portal Tanah Air Badan Informasi Geospasial (BIG). Peta tutupan lahan yang digunakan berasal dari citra Landsat 7 ETM+ tahun 1999 dan 2009 serta Landsat 8 OLI/TIRS tahun 2019 yang diperoleh dari *Earth Explorer United States Geological Survey (USGS)*. Perubahan tutupan lahan terbangun dan vegetasi dianalisis menggunakan metode klasifikasi

terbimbing (*supervised classification method*) dengan perangkat lunak ArcGis 10.5. Arcmap dalam aplikasi ArcGIS dapat digunakan untuk mengolah dan menampilkan data geografis (peta) dengan atribut terkait. Aplikasi terbaru dari Arcmap bahkan dapat mencakup berbagai macam pemetaan masalah lingkungan, misalnya kehidupan liar yang berdampak kualitas air sungai (Santos et al., 2015b), perubahan iklim (Santos, Sanches Fernandes, Moura, Pereira, & Pacheco, 2014) dan gangguan manusia terhadap aliran hidrologi, status konservasi spesies air yang terancam (Santos et al., 2015a), dan sebagainya. Hasil analisis perubahan tutupan lahan, data kejadian banjir, dan data persediaan air di DKI Jakarta kemudian digunakan untuk menentukan bagaimana pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap sistem hidrologi di DKI Jakarta. Rekomendasi perencanaan ruang pada kota berbasis sistem hidrologi disusun berdasarkan hasil analisis melalui studi literatur. **Gambar 1** adalah alur kerja pada studi ini.



Gambar 1. Alur kerja studi yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan tutupan lahan yang dideteksi menggunakan citra Landsat menunjukkan bahwa tutupan vegetasi di Jakarta mengalami penurunan drastis. Pada tahun 1999, tutupan lahan terbangun di Jakarta adalah 65,5% dan tutupan vegetasi 35,5%, sementara pada tahun 2019 komposisinya berganti secara drastis menjadi 93,6% tutupan lahan terbangun dan lahan vegetasi yang tersisa hanya 6,4% (tersaji pada **Tabel 1** dan **Gambar 2**). Peningkatan luas lahan terbangun telah meningkatkan luas permukaan yang bersifat *impermeable*. Lapisan *impermeable* pada lahan terbangun telah menyebabkan penurunan tingkat infiltrasi dan peningkatan aliran permukaan

ataupun volum limpasan (*runoff*) yang akhirnya dapat menyebabkan banjir.

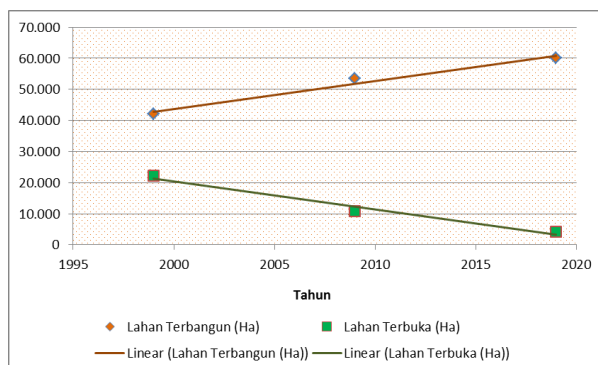
Pertumbuhan penduduk yang tinggi di daerah perkotaan meningkatkan jumlah lahan-lahan terbangun, terutama untuk permukiman. Area permukiman padat penduduk memerlukan pasokan air bersih dalam jumlah besar. Keterbatasan pasokan air bersih menyebabkan beberapa penduduk di kota, serta kawasan bisnis dan perdagangan menggunakan air bawah tanah. Penggunaan air bawah tanah dan berkurangnya infiltrasi air hujan menghasilkan penurunan muka air tanah (Rahardjo, Hartono, Suganda, & Arifin, 2016). Berdasarkan hasil penelitiannya, Rahardjo et al., (2016) mengemukakan bahwa ruang hijau terbuka, badan air, dan infrastruktur berupa koridor hijau dapat mengurangi limpasan dan menjaga muka air tanah.

Konflik kepentingan dan kebutuhan yang timbul, berupa konflik ruang terbangun dengan ruang terbuka hijau, konflik tata ruang bangunan dengan tata ruang air, serta konflik penataan ruang dengan pengelolaan sumber daya air perlu segera diatasi. Banyak lahan hijau, situ-situ, dan daerah resapan air telah hilang (Kodoatie & Sjarief, 2010). Kebutuhan ruang yang meningkat dengan luasan ruang terbatas menyebabkan ruang itu diubah dari segi penggunaan atau peruntukannya yang dikenal sebagai konversi lahan atau pengalihfungsian lahan. Konversi lahan yang awalnya adalah daerah terbuka ataupun daerah resapan air berubah menjadi daerah yang tertutup perkerasan sehingga air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan limpasan di permukaan dan kemudian menjadi banjir (Permanasari, Bisri, & Suharyanto, 2012).

Tabel 1. Perubahan penutupan lahan tahun 1999-2019 di DKI Jakarta.

Tahun	Lahan Terbangun (Ha)	%	Tidak Terbangun (Ha)	%
1999	42.064,30	65,51	22.142,50	34,49
2009	53.412,60	83,19	10.792,70	16,81
2019	60.088,90	93,59	4.118,03	6,41

Sumber: hasil pengolahan data



Gambar 2. Perubahan luas lahan terbangun dan lahan terbuka di DKI Jakarta.

Selain pengaruh perubahan penutupan lahan terhadap sistem hidrologi seperti yang dijelaskan di atas, studi ini juga melihat kesesuaian penggunaan lahan dengan pola ruang yang sudah direncanakan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) DKI Jakarta, yang tercantum dalam Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 1 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Jakarta 2030. Berikut ini penjelasan mengenai kesesuaian penggunaan lahan dengan RTRW, pengaruh penggunaan lahan terhadap persediaan air, dan pengaruh penggunaan lahan terhadap banjir.

Kesesuaian Penggunaan Lahan dengan Rencana Tata Ruang Wilayah

Kesesuaian penggunaan lahan dengan RTRW dievaluasi dengan melakukan *overlay* peta penggunaan lahan terkini dengan peta RTRW. Hasil *overlay* yang dilakukan tersaji pada **Tabel 2** dan **Gambar 3**. Ketidaksesuaian penggunaan lahan pada tahun 2019 dengan rencana pola ruang dalam RTRW terdapat pada Kawasan Lindung, Ruang Terbuka Hijau (RTH) Budidaya, dan Ruang Terbuka Non Hijau, dengan luas total mencapai 5.098,37 Ha. Ketidaksesuaian penggunaan lahan paling besar adalah pada penggunaan pola ruang RTH budidaya untuk permukiman, yaitu sebesar 3.659,3 Ha.

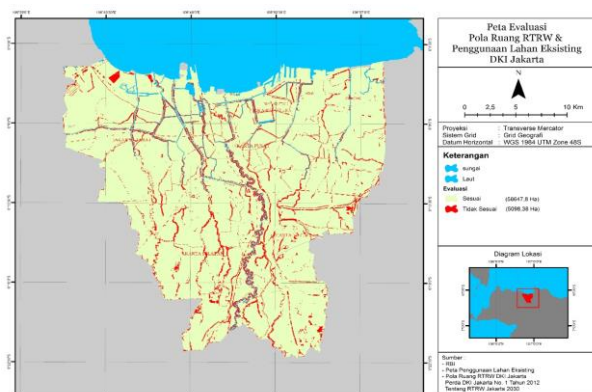
Tabel 2. Ketidaksesuaian penggunaan lahan dengan rencana tata ruang wilayah.

Pola Ruang	Penggunaan Lahan	Luasan (Ha)
Kawasan Lindung	Empang	3,14
Kawasan Lindung	Gedung/Bangunan	17,45
Kawasan Lindung	Kebun/Perkebunan	79,04
Kawasan Lindung	Permukiman	848,19
Kawasan Lindung	Sawah	113,15
Kawasan Lindung	Tambak	103,5
Kawasan Lindung	Tanaman Campur	11,86
Kawasan Lindung	Tegalan	94,8
Kawasan Pertanian	Permukiman	8,38
RTH Budidaya	Gedung/Bangunan	121,56
RTH Budidaya	Permukiman	3.659,3
Ruang Terbuka Non Hijau	Gedung/Bangunan	1,76

Pola Ruang	Penggunaan Lahan	Luasan (Ha)
Ruang Terbuka Non Hijau	Permukiman	36,23
Total		5.098,37

Sumber: Hasil pengolahan data

Ketidaksesuaian jenis penggunaan lahan dengan pola ruang RTRW pada Kawasan Lindung dapat mengganggu fungsi Kawasan Lindung yang bersangkutan. Salah satu bentuk gangguan tersebut dapat terlihat pada fenomena banjir dan keterbatasan persediaan air tanah. Ketidaksesuaian penggunaan lahan pada RTH dan Ruang Terbuka Non Hijau juga mengganggu fungsi ekosistem di Jakarta sehingga banyak habitat yang rusak atau bahkan punah. Ketidaksesuaian penggunaan lahan terkini dengan RTRW DKI Jakarta dapat ditunjukkan pada **Gambar 3**. Penggunaan lahan terkini yang masih tidak sesuai dengan RTRW DKI Jakarta dinotasikan dengan warna merah. Sebagaimana disebutkan sebelumnya, wilayah yang tidak sesuai ini merupakan wilayah yang direncanakan sebagai kawasan lindung atau RTH namun masih digunakan sebagai peruntukan lain, seperti permukiman atau bangunan.



Gambar 3. Hasil overlay peta penggunaan lahan tahun 2019 dengan peta RTRW DKI Jakarta.

Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan pada Persediaan Air

Pendekatan fungsi dan kemampuan sumber daya alam dalam bentuk barang atau materi, dan layanan atau jasa ekosistem sering digunakan dalam penentuan Daya Dukung dan Daya Tampung (DDDT) lingkungan hidup. Sumber daya alam adalah bahan dan energi di alam yang penting atau berguna bagi manusia (Miller & Spoolman, 2016), seperti kayu, hasil tambang, minyak bumi, hasil laut, dan sebagainya. Layanan atau jasa ekosistem adalah proses yang disediakan oleh ekosistem sehat yang mendukung kehidupan dan ekonomi manusia tanpa biaya moneter (Miller & Spoolman, 2016), seperti jasa penyediaan air, penyediaan pangan, pengaturan iklim, keindahan, dan sebagainya.

Perluasan lahan terbangun dan lapisan *impermeable* sangat berpengaruh pada penurunan jasa lingkungan terkait penyediaan air. Berdasarkan data yang tercantum dalam Lampiran Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.297/Menlhk/Setjen/PLA.3/4/2019 tentang Daya Dukung dan Daya Tampung Air Nasional, ketersediaan air di DKI Jakarta sebesar 393.454.165,38 m³/tahun, sementara kebutuhan air total untuk aktivitas penduduk di DKI Jakarta sebesar 958.939.316,61 m³/tahun. Kebutuhan air yang sangat besar ini sangat tidak imbang dengan kemampuan jasa lingkungan penyediaan air di DKI Jakarta, sehingga secara umum, daya dukung penyediaan airnya sudah terlampaui.

Terbatasnya pasokan air dari sumber air permukaan, ketergantungan yang tinggi terhadap air tanah untuk penyediaan pasokan air dan maraknya pengambilan sumber air karena tuntutan kebutuhan air yang terus meningkat merupakan tantangan yang harus dihadapi. Di beberapa kota besar dan pusat-pusat industri di pulau Jawa, pengambilan air tanah sudah sangat intensif dan menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah (*cone depression*). Industri-industri dan hotel-hotel memiliki banyak sumur produksi. Akibatnya, di pusat-pusat pengambilan air tanah terjadi penurunan kuantitas dan kualitas air tanah (Danaryanto et al., 2005).

Penurunan daya dukung air bukan hanya terjadi pada jasa penyediaan air, namun juga pada kualitas air permukaan di Jakarta. Urbanisasi yang sangat cepat mengubah banyak sungai perkotaan dengan memengaruhi kondisi hidrolik dan kualitas airnya. Kurangnya pasokan air dan infrastruktur saluran air limbah dapat menyebabkan tekanan besar pada koridor sungai perkotaan, yang sering menyiratkan pencemaran air permukaan dan akuifer dangkal. Pengurangan debit rata-rata melalui konstruksi bendungan, seperti yang saat ini dipertimbangkan oleh pihak berwenang, kemungkinan akan meningkatkan tingkat kontaminasi air permukaan dan akuifer dangkal, yang diisi ulang oleh sungai (Costa, Burlando, & Priadi, 2016). Sedimen yang terlarut di dalam aliran air akan semakin meningkat (Pacheco, Varandas, Sanches Fernandes, & Valle Junior, 2014), sedangkan nutrisi seperti nitrat yang terendapkan atau terlarut di dalam aliran air dapat mencemari air tanah atau terakumulasi di dalam badan sungai (Valle, Varandas, Sanches Fernandes, & Pacheco, 2014). Hal ini dapat membahayakan ekosistem perairan melalui adanya eutrofikasi (Valle et al., 2015).

Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan pada Banjir

Banjir menjadi masalah lingkungan yang terjadi hampir setiap tahun di DKI Jakarta. Banjir besar di DKI Jakarta pada umumnya terjadi setiap lima tahun, tetapi skala banjir yang terjadi pada dekade ini tidak lagi seperti yang sebelumnya.

Pada bulan Januari tahun 2002, hujan angin yang berlebihan melanda Jawa Barat dan sekitarnya. Banjir pada saat itu melumpuhkan kota selama sehari-hari dengan ribuan rumah terendam dan 300.000 orang kehilangan tempat tinggal serta 30 orang meninggal. Banjir pada bulan Februari 2007 bahkan lebih besar hingga mempengaruhi 60% wilayah kota dan menewaskan 80 orang karena tenggelam atau terkena sengatan listrik. Peristiwa ini memaksa 430.000 penduduk harus mengungsi dari rumahnya dan ribuan rumah hancur total. Sebagian besar kota terputus dari layanan listrik dan telekomunikasi. Kelumpuhan akibat banjir besar pada tahun 2007, selain menyebabkan hilangnya nyawa, juga menyebabkan hilangnya harta benda dan kapasitas ekonomi, serta menimbulkan masalah kesehatan yang ditularkan melalui air seperti diare, infeksi pernafasan akut, demam, kulit gatal, dan demam berdarah yang belum pernah terjadi sebelumnya (Steinberg, 2007).

Beberapa kejadian banjir di DKI Jakarta dari tahun 2009 hingga tahun 2019 yang didapatkan dari data informasi bencana Indonesia dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana dapat dilihat pada **Tabel 3**. Banjir di DKI Jakarta dapat terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor. Latar belakang geografis DKI Jakarta sendiri berkontribusi memicu terjadinya banjir. Jakarta terletak di pesisir utara Pulau Jawa yang menghadap ke jalur pelayaran laut Jawa yang sibuk, dan dilintasi sungai Ciliwung yang bermuara di Teluk Jakarta. Kota Jakarta berada di dataran rendah pada ketinggian rata-rata 8 meter dpl. Lokasi geografis yang berada di dataran rendah ini menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir di DKI Jakarta (Cybriwsky & Ford, 2001).

Tabel 3. Kejadian banjir di DKI Jakarta tahun 2009 sampai dengan 2018.

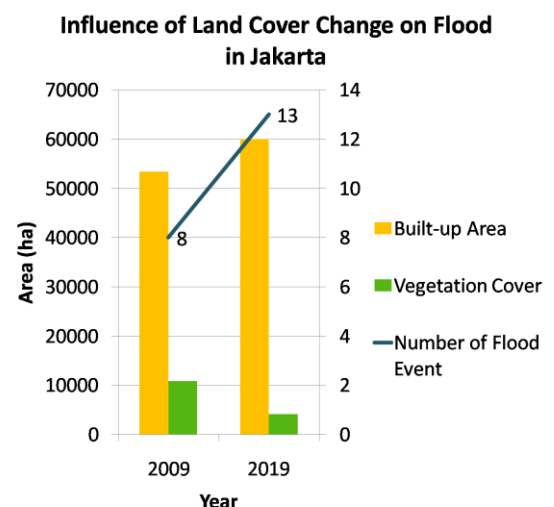
Tahun Kejadian	Jumlah Kejadian
2009	8
2010	12
2011	8
2012	50
2013	26
2014	55
2015	5
2016	36
2017	14
2018	14
2019	0

Sumber: (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2019)

Faktor penyebab banjir lainnya adalah akibat kegiatan manusia. Penyebab utamanya adalah kurangnya infrastruktur pengendalian banjir, pengurangan struktur daya dukung aliran air

karena manajemen yang buruk, pembuangan sampah yang tidak terkendali dan sedimentasi, serta pengurangan penyerapan air hujan karena urbanisasi dan deforestasi (Steinberg, 2007). Perubahan penggunaan tanah yang terkait dengan peningkatan urbanisasi dan deforestasi telah mengubah sebagian besar wilayah tropis. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa perubahan penggunaan lahan dan degradasi tanah di daerah tropis telah mengubah respon hidrologi dari daerah tangkapan air. Urbanisasi dan deforestasi menyebabkan peningkatan respon sungai dan peningkatan aliran air yang meningkatkan resiko banjir selama musim hujan, salah satu contohnya adalah Sungai Ciliwung yang meluap pada saat kejadian hujan tahun 1996, 2002, 2007, 2013 dan 2014 (Remondi, Burlando, & Vollmer, 2016). Kombinasi antara intensitas curah hujan yang tinggi dan topografi yang rentan banjir serta sistem drainase di DKI Jakarta yang buruk juga menjadi faktor penyebab banjir pada tahun-tahun tersebut.

Di dalam "Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil", tipologi kawasan rawan banjir (KRB) ditentukan berdasarkan karakteristik kawasan dan tingkat resiko bahaya banjir. Karakteristik KRB secara garis besar terbagi menjadi 4 tipe yaitu daerah pesisir/pantai, daerah dataran banjir, daerah sempadan sungai, dan daerah cekungan. Faktor yang menyebabkan terjadinya KRB adalah (1) kondisi alam seperti topografi, debit aliran sungai, tingkat permeabilitas tanah, muka air tanah, dan tingkat retensi air, (2) peristiwa alam seperti intensitas curah hujan, air laut pasang, meluapnya air sungai karena kemiringan dasar saluran kecil dan kapasitas aliran sungai tidak memadai, sedimentasi, pendangkalan dan penyempitan sungai, serta (3) aktivitas manusia seperti pemanfaatan ruang, sistem drainase, dan penyedotan air tanah (Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, n.d.).



Gambar 4. Pengaruh perubahan tutupan lahan pada kejadian banjir di Jakarta 2009 dan 2019.

Apabila dibandingkan kejadian banjir pada tahun 2009 dan 2019, maka terdapat hubungan antara perubahan tutupan lahan dengan kejadian banjir. Berdasarkan indeks Oceanic Nino yang dihitung oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), iklim di Indonesia pada tahun 2009 dan 2019 memiliki kondisi yang hampir sama, yaitu dipengaruhi oleh El Nino sedang sehingga dapat diabaikan. Namun, berdasarkan data banjir dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) per 9 Oktober 2019, terdapat peningkatan angka kejadian banjir di Jakarta antara 2009 dan 2019. Peningkatan kejadian banjir ini cenderung linier dengan peningkatan tutupan lahan terbangun dan penurunan tutupan lahan vegetasi. Berdasarkan hal ini maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara perubahan tutupan lahan dengan kejadian banjir di Jakarta.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, fenomena banjir merupakan salah satu bentuk gangguan pada sistem hidrologi yang diawali dengan peningkatan laju aliran permukaan, peningkatan volum air limpasan, dan penurunan kecepatan aliran dasar. Menurut (Rahardjo *et al.* (2016), volum limpasan dipengaruhi oleh luasnya permukaan tanah yang kedap air dan penyempitan ruang terbuka hijau. Penggunaan air bawah tanah sebagai bahan baku air bersih dapat berdampak pada penurunan muka air tanah, dan dalam waktu yang lama akan menyebabkan penurunan permukaan tanah. Selanjutnya, Rahardjo *et al.* (2016) menyebutkan perlunya konservasi air bawah tanah dengan beberapa upaya, seperti di cluster perumahan konservasi air bawah tanah dengan memanfaatkan (1) taman lingkungan, (2) drainase alami. Volume limpasan dipengaruhi oleh luasnya permukaan tanah yang kedap air dan penyempitan ruang terbuka hijau.

Pada skala kota, konservasi air bawah tanah memanfaatkan (1) ruang terbuka hijau di koridor bahu jalan, seperti untuk pengendara sepeda dan pejalan kaki (2) koridor sungai, memanfaatkan garis batas sungai (3) sepanjang koridor jalur tegangan ekstra tinggi, (4) tambalan, seperti danau/kolam, dan taman kota/hutan (Rahardjo *et al.*, 2016). Di DKI Jakarta, konservasi air tanah dapat memanfaatkan area-area tersebut. Akan tetapi, tekanan kepadatan penduduk dan perekonomian menyebabkan penggunaan pola ruang yang tidak sesuai, ruang terbuka hijau tidak berfungsi dengan baik, koridor sungai yang digunakan sebagai permukiman penduduk, dan badan-badan air yang tidak terlindungi dengan baik.

Rekomendasi Perencanaan Ruang Berdasarkan Sistem Hidrologi

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi mempengaruhi siklus hidrologi di dalam ekosistem karena selain menyebabkan aliran air yang berlebihan pada musim hujan, juga dapat

menyebabkan penahanan dan penurunan infiltrasi permukaan sehingga pada saat musim kemarau terjadi kekeringan dan kelangkaan air tanah. Berkurangnya air tanah juga berkontribusi pada penurunan laju evaporasi yang kemudian dapat mempengaruhi iklim mikro pada daerah yang siklus presipitasinya sangat dipengaruhi oleh evaporasi (Remondi *et al.*, 2016).

Prioritas tertinggi pihak berwenang di Indonesia adalah untuk mengurangi masalah banjir, tetapi tanpa strategi rehabilitasi terpadu yang jelas yang memperhitungkan masalah kualitas air (Costa *et al.*, 2016). Dengan demikian, perlu adanya rekomendasi untuk perbaikan strategi penanganan banjir yang sering terjadi di DKI Jakarta melalui tindakan pencegahan yang terpadu. Pencegahan dampak banjir dapat dilakukan dengan perencanaan tata ruang yang tepat dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungan, termasuk kemampuan jasa lingkungan penyediaan air.

Berkaitan dengan perluasan permukaan kedap air, maka penerapan teknologi di wilayah urban seperti DKI Jakarta sangat diperlukan, di antaranya dapat diterapkan penggunaan teknologi *paving block* untuk sumur resapan agar meminimalkan aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi. Perencanaan ruang pada kota dengan menyediakan area terbuka hijau yang cukup untuk zona resapan air juga sangat diperlukan. Pertimbangan kondisi geografis Jakarta juga harus menjadi pertimbangan dalam perencanaan tata ruang sehingga pembangunan tidak dilakukan di atas permukaan yang memang berpotensi banjir seperti rawa dan bantaran sungai. Kajian lebih lanjut yang melibatkan analisis spasial mengenai kesesuaian lokasi pembangunan secara detail dan lengkap sangat diperlukan untuk dapat mengidentifikasi lokasi-lokasi yang memang sesuai untuk pembangunan yang dilaksanakan.

Daya dukung air yang telah terlampaui di DKI Jakarta harus menjadi pertimbangan utama pemerintah dalam perencanaan tata ruang dan penyusunan kebijakan lain yang berkaitan dengan konservasi air. Hal ini menjadi sangat penting karena pertumbuhan penduduk yang tinggi di DKI Jakarta memerlukan pasokan air bersih dalam jumlah besar. Teknologi-teknologi pengolahan air limbah ataupun air hujan dapat diterapkan untuk mencukupi kebutuhan air di DKI Jakarta, baik untuk kegiatan rumah tangga maupun industri. Koordinasi dan kolaborasi antar pemangku kepentingan, bahkan antar pemerintah daerah juga sangat diperlukan untuk menangani permasalahan dalam sistem hidrologi.

KESIMPULAN

Perubahan tutupan lahan di DKI Jakarta dari tahun 1999 hingga 2019 menunjukkan semakin luasnya area terbangun dan semakin sempitnya area bervegetasi. Perluasan area terbangun mempengaruhi frekuensi kejadian banjir di Jakarta

yang cenderung meningkat. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu perencanaan ruang di DKI Jakarta yang mempertimbangkan sistem hidrologi dan jasa lingkungan penyediaan air secara terpadu. Strategi dalam rehabilitasi air tanah dan air permukaan perlu direncanakan dengan melibatkan semua pihak terkait, dan memperhitungkan penyediaan maupun kualitas air dengan penggunaan lahan yang disesuaikan. Kontrol terhadap aktivitas perekonomian juga perlu ditingkatkan dengan melibatkan partisipasi para pelaku ekonomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada dosen-dosen pembimbing dan pengampu mata kuliah Penataan Ruang dan Analisis Wilayah di Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia yang telah memberikan bimbingan dan arahannya, serta seluruh pihak yang telah membantu penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2019). Bencana alam menurut wilayah DKI Jakarta tahun 2009 sampai dengan 2018. Data Informasi Bencana Indonesia.
- Costa, D., Burlando, P., & Priadi, C. (2016). The importance of integrated solutions to flooding and water quality problems in the tropical megacity of Jakarta. *Sustainable Cities and Society*, 20, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.09.009>
- Cybrwsky, R., & Ford, L. R. (2001). City profile Jakarta. *Cities*, 18(3), 199–210. [https://doi.org/10.1016/S0264-2751\(01\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0264-2751(01)00004-X)
- Danaryanto, H., Satriyo, H. ., Haryadi, T., Hendri, S., Wirakusumah, A., & Yousana, S. . (2005). *Air Tanah di Indonesia Dan Pengelolaaannya*. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor SK.297/Menlhk/Setjen/PLA.3/4/2019 tentang Daya Dukung dan Daya Tampung Air Nasional. , (2019).
- Kodoatie, R. J., & Sjarief, R. (2010). *Tata Ruang Air Tanah* (Edisi Pert). Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Miller, G. T., & Spoolman, S. E. (2016). *Environmental Science* (Fifteenth). Boston: Cengage Learning.
- Nurrochman, E., Joy, B., & Asdak, C. (2018). *Envirosan* : vol.1 nomor 1, juni 201826. *Envirosan*, 1.
- Pacheco, F. A. L., Varandas, S. G. P., Sanches Fernandes, L. F., & Valle Junior, R. F. (2014). Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. *Science of the Total Environment*, 485–486(1), 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.069>
- Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil: Pengendalian pemanfaatan ruang di kawasan rawan bencana banjir. (n.d.). Jakarta, Republik Indonesia: Departemen Pekerjaan Umum.
- Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 1 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Jakarta 2030. (2012). Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.
- Permanasari, P., Bisri, M., & Suharyanto, A. (2012). Pengaruh guna lahan terhadap penurunan infiltrasi di Kota Batu. *Jurnal Tata Kota Dan Daerah*, Volume 4 N(Desember 2012.).
- Rahardjo, P., Hartono, D. M., Suganda, E., & Arifin, H. S. (2016). Conservation of Underground Water with the Ecosystem Approach to the Development of the New Towns in Bogor, Tangerang, Bekasi (Botabek) Region. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 227(November 2015), 720–727. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.138>
- Remondi, F., Burlando, P., & Vollmer, D. (2016). Exploring the hydrological impact of increasing urbanisation on a tropical river catchment of the metropolitan Jakarta, Indonesia. *Sustainable Cities and Society*, 20, 210–221. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.10.001>
- Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Moura, J. P., Pereira, M. G., & Pacheco, F. A. L. (2014). The impact of climate change, human interference, scale and modeling uncertainties on the estimation of aquifer properties and river flow components. *Journal of Hydrology*, 519(PB), 1297–1314. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.001>
- Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Pereira, M. G., Cortes, R. M. V., & Pacheco, F. A. L. (2015). Water resources planning for a river basin with recurrent wildfires. *Science of the Total Environment*, 526, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.058>
- Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Varandas, S. G. P., Pereira, M. G., Sousa, R., Teixeira, A., ... Pacheco, F. A. L. (2015). Impacts of climate change and land-use scenarios on *Margaritifera margaritifera*, an environmental indicator and endangered species. *Science of the Total Environment*, 511, 477–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.090>
- Steinberg, F. (2007). Jakarta: Environmental problems and sustainability. *Habitat International*, 31(3–4), 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2007.06.002>
- Suyanto, A. (2017). *Konservasi tanah dan air*. Yogyakarta: Penerbit Graha Cendikia.
- Valle Junior, R. F., Varandas, S. G. P., Pacheco, F. A. L., Pereira, V. R., Santos, C. F., Cortes, R. M. V., & Sanches Fernandes, L. F. (2015). Impacts of land use conflicts on riverine ecosystems. *Land Use Policy*, 43, 48–62. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.015>
- Valle, R. F., Varandas, S. G. P., Sanches Fernandes, L. F., & Pacheco, F. A. L. (2014). Groundwater quality in rural watersheds with environmental land use conflicts. *Science of the Total Environment*, 493, 812–827. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.068>

Halaman ini sengaja kami kosongkan